

SÄHKÖASENNUKSIEN OHJEISTUSMALLIN SUUNNITTELU JA LAADINTA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Valkeakoski, sähkö- ja automaatiotekniikka

Kevät, 2018

Pasi Jaakkola

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Valkeakoski

Tekijä	Pasi Jaakkola	Vuosi 2017
Työn nimi	Sähköasennuksien ohjeistusmallin suunnittelu ja laadinta	
Työn ohjaaja/t	Timo Viitala	

TIIVISTELMÄ

Metso Mineralsilla kehitetään koko ajan tela-alustaisia liikuteltavia murskausyksiköitä, joten ohjeistuksien pitäminen ajan tasalla on haasteellista ja aikaa vievää työtä. Metsolla ollaan ottamassa käyttöön kaapeleiden 3D-mallinnus, jolloin sähkötöiden ohjeistuksen laadinta muuttuu hieman.

Työohjeiden pitää olla riittävän selkeitä ja lyhyitä, jotta niitä myös käytetään. Aina ei välttämättä ole kokeneempaa asentajaa, joka kertoisi miten työvaihe tehdään. Tällöin työohjeita tarvitaan.

Opinnäytetyössä luotiin ohjeita sähköasennuksiin komponentti- ja laitetasolla sekä kaapelivedon näkökulmasta. Tämän opinnäytetyön ohjeistus tulee toimimaan referenssinä, kun laitekohtaisia 3D-mallinnuksia kaapelointiin laaditaan.

Työohjeet suunniteltiin vaihe- ja laitekohtaisesti, jolloin ohjeet saatiin laadittua tuotannon valmistuksenohjausjärjestelmään oikean konemallin ja työvaiheen kohdalle.

Avainsanat Ohjeet, kaapelointi, sähkötyöt, mobiilimurskain

Sivut 31 sivua, joista liitteitä 4 sivua

Electrical and Automation Engineering
Valkeakoski

Author	Pasi Jaakkola	Year 2017
Subject	Creating and modelling electrification instructions	
Supervisors	Timo Viitala	

ABSTRACT

At Metso Minerals, mobile crushers are being constantly developed, so keeping the instructions is both laborious and time consuming. There may be multiple machine specific updates per year. Metso is starting to route electric cables as 3D-models, so this will somewhat change the model of the instructions.

The instructions need to be self-explanatory and short enough for people to read them. There is not always an experienced co-worker nearby, or the work is done for the first time, so these are instances where people need instructions.

This thesis project focused on creating instructions for electrifications from the point of view of cable routing and component electrification. When cable routings are modelled in 3D, these instructions will provide a reference here.

The instructions were planned as phase- and machine specific, so that the instructions could be uploaded into the manufacturing control system according to a specific machine and phase.

Keywords Instructions, cabling, electrical installations, mobile crusher

Pages 31 pages including appendices 4 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	METSO	2
2.1	Metso Minerals oy	2
2.2	Metson lean- ajattelutapa.....	2
2.3	Metso Minerals tuotteita	4
2.3.1	LT1110/S.....	4
2.3.2	Murska	4
3	OHJELMISTOT	5
3.1	ATON	5
3.2	Teamcenter PLM	6
3.3	MES valmistuksenohjausjärjestelmä.....	6
4	NYKYINEN TILANNE	7
4.1	Sähkösuunnittelun tuottamat ohjeet	7
4.2	Konekohtaiset ohjeet	7
4.3	Yleisiä ohjeita	7
5	OHJEIDEN KÄYTTÄMINEN JA LAATIMINEN.....	8
5.1	Vaihekohtainen ohje	8
5.2	Yleisohje	9
5.3	Esimerkkiohje	9
5.4	Ohjetyylin valinta	10
5.4.1	Vaihekohtainen ohjeistus	10
5.4.2	Yleis- ja esimerkkiohje	10
6	SÄHKÖASENNUKSISSA HUOMIOTAVIA ASIOITA.....	11
6.1	Kytkenät	11
6.2	Pistokytkinliitännät.....	11
6.3	Kaapelointi.....	12
6.4	Kaapeloinnin reititys	13
6.5	Tärinä.....	13
6.6	Kosteus.....	14
6.7	Kivipöly	14
6.8	Ulkoiset iskut	14
6.9	Akusto.....	15
6.10	Testaus	16
6.11	Toiminnallinen testaus.....	16
7	TOTEUTUS.....	17
7.1	Yleis- ja esimerkkiohjeistukset	17
7.1.1	Yleisohje uusille asentajille	17
7.1.2	Sähkölaite- ja komponenttitasen ohjeistus.....	18

7.2	Laitekohtaiset ohjeistukset	19
7.2.1	Sähkölaitteiden sijoituskuva	19
7.2.2	Kaapeloinnin aloitus	20
7.2.3	Sähkölaitteiden kaapeloinnin tarkennettu reititys	21
7.3	Esimerkki LT1110:n polttoainepumpun työohjeesta	22
7.4	Esimerkki LT1110:n syöttimen nopeusanturin työohjeesta	23
8	YHTEENVETO	24
9	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET	25
	LÄHTEET	26

Liitteet

Liite 1	Sähköistysohjeen ohjetyylipohja sivut 1-2
Liite 2	Sähköistysohjeen ohjetyylipohja sivut 3-4
Liite 3	Kyselylomake sivu 1
Liite 4	Kyselylomake sivu 2

1 JOHDANTO

Metso Minerals speedline tuotantolinjalla ollaan kaivattu ohjeistusta sähkötöihin liittyen. Nykytilanteessa ei löydy selkeää ohjeistusta kaapeleiden vetolinjoista tai sähkölaitteiden sijoituskuvia. Eri sähkölaitteiden ja komponenttien asennus- ja kytkentäohjeita on Metson tietojärjestelmissä, mutta ne ovat hajautettu eri puolille järjestelmää.

Eri laitemalleihin on luotu tarkkojakin ohjeita, joissa on määritelty selkeästi kaikkien kaapeleiden reititys, sekä laitteiden ja komponenttien sijoitukset. Mutta ongelmana on ollut niiden päivitys, koska laitekohtaisia päivityksiä voi tulla useampia vuoden sisään.

Metsolla ollaan siirtymässä uuteen sähkösuunnittelutyökaluun, joka mahdollistaa kaapeleiden reitityksen 3D-malleihin. Tätä varten suunnittelu kaippaa tarkennusta kaapeleiden reitityksestä, jotta kaapelit saataisiin mallinnettua 3D-malleihin mahdollisimman tarkasti.

Metsolla ollaan siirtymässä uuteen speedline2 tuotantolinjaan. Uudella tuotantolinjalla konemallit lisääntyvät ja tahtiajat pienevät, joten ohjeistusta tarvitaan myös uuden tuotantolinjan näkökulmasta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda sähkötöihin liittyviä ohjeita ja ohjeistusmalleja, joita olisi myös tulevaisuudessa helpompi ylläpitää. Ajatuksena on luoda ohjeistusta hyvistä asennustavoista, sekä sen ohessa myös laitekohtaisia tarkempia ohjeita. Suunnittelu saisi materiaaleista tukea, kun kaapeleiden reititystä aloitetaan mallintamaan. Uuden speedline2 valmistumisen jälkeen ohjeet voidaan vaiheistaa oikeille asemille. Opinnäytetyössä keskityttiin luomaan LT1110 konemalliin työohjeita, jotka toimisivat tulevaisuudessa referenssinä muiden konemallien ohjeistuksessa.

2 METSO

Metso on murskausalan johtavia teollisuusyrityksiä. Metso toimittaa ratkaisuja kivenmurskaukseen, kaivosteollisuuteen, flow controlin asiakasteollisuuksiin ja kierrätykseen. Metso työllistää yli 11 000 henkeä yli 50 maassa. Liikevaihto oli vuonna 2016 noin 2,6 miljardia euroa. (Metso n.d.)



Kuva 1. Metso logo (Metso 2017)

2.1 Metso Minerals oy

Metso Minerals Tampere, joka myös tunnetaan nimellä Lokomo, on perustettu jo vuonna 1915. Metson Tampereen yksikkö on yrityksen tärkein yksikkö mobiilimurskaimissa. (Metso 2015.)

Tampereen tehtaalta toimitetaan noin 800 murskaus- ja seulontalaitetta. Metso aloitti ensimmäisenä maailmassa tela-alustaisten liikuteltavien murskausyksiköiden sarjavalmistuksen vuonna 1985. Henkilöstöä Tampereen tehtaalla on noin 700. (Metso n.d.)

2.2 Metson lean- ajattelutapa

Lean-prosessiin kuuluu monia eri konsepteja, teorioita ja työkaluja. Perusajatuksena on tuotantovirtauksen maksimointi ja menetetyn ajan poistaminen. Jos läpimenoaika ei laske, niin todennäköisestikään ei saavuteta taloudellista parannusta. Lean voidaan ymmärtää virheellisesti välillä siten,

että siihen kuuluvat työkalut itsessään korjaisivat ongelmat. Päinvastoin, työntekijöiden pitää itse korjata ongelmat, joita Lean-työkalut tuovat esiin. Useasti yrityksissä keskitytään tekemään projektimaisesti korjaus kampanja, vaikka Lean-malliin kuuluu vahvasti jatkuva parantaminen. Lean-ajattelutavassa keskeisiä asioita on tunnistaa ja eliminoida hukka tehokkaasti, vähentää kustannuksia sekä laadun parantaminen. Päiväjohtaminen ja yhteiset toimintatavat näkyvät vahvasti työntekijöille Lean-mallissa. Onnistunut Lean-konsepti yrityksessä tuovat lisää arvoa sekä itse yritykselle, että myös asiakkaille. (Sixsigma 2017.)

Metso Minerals Tampereen yksikössä on käytössä Lean- ajattelutapa, joka näkyy päiväjohtamisena, visuaalisena ohjauksena, laadun parantamisena ja tiedon avoimena kulkuna. Metson pyrkimys tiedon avoimuuteen, kerralla oikein tapaan ja päiväjohtamisen seurauksena voisi sanoa, että tämä opinnäytetyökin sai alkunsa. Kuvassa 2 on Metson Lean talo.



Kuva 2. Metson Lean talo (Metso 2016.)

2.3 Metso Minerals tuotteita

Tampereen tehtaalla tuotetaan teloilla liikuteltavia murskausyksiköitä, teloilla liikuteltavia seuloja, sekä murskia lokotrack-laitteisiin ja murskauslaitoksiin. (Metso n.d.)

2.3.1 LT1110/S

LT1110/S on Metso Mineralsin pienikokoisin liikuteltava iskupalkkimurskainlaitos. LT1110 soveltuu keskikovan kiven ja purkumateriaalien, kuten betonin, asfaltin ja tiilien murskaamiseen. IC700-prosessinohjeusjärjestelmä ohjaa ja säättää kaikkia murskausprosessin keskeisiä arvoja parhaan mahdollisen murskaustuloksen saavuttamiseksi. Seulamoduuli mahdollistaa kalibroidun lopputuotteen yhdellä laitteella. Helppo siirrettävyys mahdollistaa pienetkin urakat. Kuvassa 3 on LT1110. (Metso 2017.)



Kuva 3. Lokotrack LT1110 (Metso 2017)

2.3.2 Murska

LT1110 käyttää NP1110M-iskupalkkimurskaa (kuva4). Murskattava materiaali syötetään lokotrackin syöttimeen pyöräkuormaajalla. Kaksiosainen välppä, eli esiseula poistaa hienoaineksen, joka voidaan johdattaa suoraan pää- tai sivukuljettimille. Murskauksessa syntyvän materiaalin kokoa voidaan säätää murskausasetuksia muuttamalla. Murskain on hydraulikkakäyttöinen häiriöttömän toiminnan takaamiseksi. (Metso 2017.)



Kuva 4. NP1110M-iskupalkkimurska (Metso 2017).

3 OHJELMISTOT

Metso Mineralsilla on käytössä monia eri ohjelmistoja, joiden toiminnot on linkitetty toisiinsa. Käyn tässä läpi lähinnä ohjelmistoja, joita tarvitsin opinnäytetyössäni.

3.1 ATON

Aton on tuotetiedon hallintaan ja tuotteen elinkaaren hallintaan kehitetty järjestelmä. Aton hallitsee nimikkeiden, tuoterakenteiden, dokumenttien, komponenttien sekä asiakkaille toimitettujen tuotteiden tiedot ja tuotemuutosten tiedot. (Roima n.d.)

Itse käytin Aton ohjelmaa 3D-mallien, kuvien ja ohjeiden hakemiseen, sekä opinnäytetyössä luotujen ohjeiden lataamiseen järjestelmään. Aton on mielestäni erittäin hyvä ja käytännöllinen ohjelmisto, kunhan tiedostojen ja dokumenttien nimeäminen on vain yhdenmukaista.

3.2 Teamcenter PLM

Teamcenter PLM -visualisointi mahdollistaa kaikkien tuotteen elinkaaren aikana pääsyn 3D-mallieihin suunnittelutietojen kanssa. PLM-visualisointi tehostaa suunnittelu- ja valmistusprosesseja luomalla virtuaalisia prototyyppiejä monista mekaanisista tietokoneavusteisista (CAD) -formaateista. (Siemens 2017.)

Itse käytin Teamcenter visualisointi ohjelmaa laitekohtaisten 3D-moduulien hakemiseen ja liittämiseen niitä yhteen tiedostoon. Ohjelmalla tein myös läpileikkauskuvia, vaihdoin värimaailmoja ja häivyitin osia, joita en halunnut mukaan, kun tein kaapeleiden reititykseen ohjeita. Isoin haaste oli saada eri moduulit kiinnittymään riittävän tarkasti toisiinsa teamcenter ohjelmassa.

3.3 MES valmistuksenohjausjärjestelmä

MES on valmistuksenohjausjärjestelmä, jolla tuotannossa nähdään työasemittain, että mikä työvaihe tehdään seuraavaksi. Ohjelmasta tuotannon työntekijät pystyvät avaamaan kunkin työvaiheen kohdalla siihen tarvitsemat työohjeet. Työvaiheen valmistuttua työ kuitataan valmiiksi MES-järjestelmään, jolloin tieto siirtyy eteenpäin muun muassa tuotannonohjaukselle ja logistiikka osastolle, jolloin materiaalivirtaus saadaan oikeanlaiseksi. MES-järjestelmässä tuotannon työntekijät pystyvät antamaan myös palautetta osien puutteista, viallisista osista, puuttuvista kuvista jne. Eli MES on tuotannossa erittäin tärkeä ja hyödyllinen järjestelmä, jolla työntekijät pystyvät raportoimaan lähes kaikista tuotantoon liittyvistä ongelmista.

Itse käytin ohjelmaa, jotta pystyin lataamaan laatimiani työohjeita ensin MES-järjestelmään, jonka jälkeen pääsin lisäämään kunkin työaseman alle työvaiheittain ohjeet. Tarkoituksena on kehittää tämän opinnäytetyön jälkeenkin ohjeita ja ohjetyyliä, kun niistä alkaa tulla palautetta tuotannon työntekijöiltä MES-järjestelmän kautta.

4 NYKYINEN TILANNE

Tuotannossa ollaan kaivattu ohjeistusta sähkötöihin liittyen. Tuotannossa käytetään MES-ohjelmistoa, joka näyttää tuotantolinjalla työasemittain, että mitä töitä asemalla tehdään. Sähkötöiden osalta vaihekohtaisia ohjeita ei ole ollut ja se on koettu isona ongelmana, koska uusia työntekijöitä on tullut paljon. Tällä hetkellä uudet sähköasentajat joutuvat tukeutumaan liian kauan kokeneempien sähköasentajien apuun, joten ohjeistusta tarvitaan asentajien sisäänajon nopeuttamiseksi.

Metson Lean ajattelutapaan kuuluu, että tehdään kerralla oikein ja että työntekijöillä olisi kaikki oleellinen tieto käytettävissä. Tämä on johtanut siihen, että ohjeistukseen panostetaan yhä enemmän ja enemmän.

4.1 Sähkösuunnittelun tuottamat ohjeet

Nykytilanteessa sähkösuunnittelu tuottaa piirikaaviot ja kaapelikaaviot, sekä dokumentoi myös laitekohtaisesti eri sähkölaitteiden ja komponenttien sijoituskuvat. Sijoituskuvat ovat olleet vaikeasti löydettävissä Aton-järjestelmästä ja ne eivät ole olleet niin kattavia ja tarkkoja, kuin tuotannossa olisi kaivattu. Sen lisäksi sijoituskuvia ei ole ylläpidetty konemallien päivityksien yhteydessä.

4.2 Konekohtaiset ohjeet

Konekohtaisia ohjeita on tehty aikaisempiin konemalleihin, joissa on määriteltä kaapeleiden reititykset ja kiinnikkeiden kohdat erittäin tarkasti valokuvien ja ohjetekstin avulla. Ongelmana näissä tarkoissa konekohtaisissa ohjeistuksissa on ollut se, että ne vanhenevat melko nopeasti, jos niitä ei ylläpidetä. Konekohtaiset ohjeet on luonut yleensä joku tuotannon työntekijä, mutta päivityksiin ei ole varattu aikaa riittävästi, joten ohjeet vanhenevat ennen pitkää.

4.3 Yleisiä ohjeita

Yleisiä komponentti- ja laitetason ohjeita on muutamia tehty ja ne ovat melko hyvin ajan tasallakin, vaikka ne ovat luotu useampia vuosia sitten. Yleisiä ohjeita on ollut muun muassa joistain nopeusantureista, voitelulaitteesta ja suojarasvan käyttökohteista. Tällaiset ohjeet ovat käytännössä vieläkin ajan tasalla, vaikka ne on luotu useampia vuosia sitten. Yleisohjeet

ovat erittäin hyviä, mutta tuotannon työntekijöiden on ollut vaikea löytää niitä, koska ne ovat hajautettu eripuolille järjestelmää.

5 OHJEIDEN KÄYTTÄMINEN JA LAATIMINEN

Ohjeita käytetään, kun työntekijät eivät tiedä mitä ovat tekemässä, tai miten joku asia pitää toteuttaa. Usein mielletään helpoimmaksi tavaksi oppia, on kysyä muilta, tai oppia yrityksen ja erehdyksen kautta. Ohjeistukset ovat kuitenkin yleensä suunniteltu niin, että ne luettaisiin läpi ennen työn tekemistä. Ohjeita on yleensä kolmea erilaista; vaihekohtaisia ohjeita, yleisohjeita ja esimerkkiohjeita. Parhaan ohjevaihtoehdon valitsemiseen vaikuttaa työntekijän osaamistaso, työn vaativuus sekä kuinka usein työ tehdään. (Eiriksdottir & Catrambone 2011, 749-752.)

Omasta kokemuksesta voin sanoa, että työohjeita tulee silloin käytettyä, kun ei tiedä tai muista, miten työ pitää tehdä ja silloin kun ei ole ketään keneltä kysyä neuvoa. Työohjeet itsessäänkin vaikuttavat jo paljon siihen, että kuinka helposti niitä tulee käytettyä. Jos työohjeet ovat erittäin pitkiä tai vaikea selkoisia, niin niiden käyttäminen on epämieluisaa ja silloin mieluummin kysyy neuvoa toiselta tai oppii yrityksen ja erehdyksen kautta. Työohjeiden laadinnassa nämä asiat pitää osata ottaa huomioon ja luoda ohjeista sellaiset, että ne ovat selkeät, ytimekkäät ja että niitä on helppo lukea ilman, että ohjeet voidaan tulkita väärin.

5.1 Vaihekohtainen ohje

Vaihekohtainen ohjeistus näyttää vaihe vaiheelta mitä on tehtävä, jotta päästään haluttuun lopputulokseen. Tästä on hyviä esimerkkejä Ikean ja Legon ohjeet. Vaihekohtaisissa ohjeissa ei yleensä kerrota, miksi tehdään tietyllä tapaa, mikä heikentää oppijan ymmärrystä tuotteesta. Vaihekohtaisissa ohjeissa ei myöskään yleensä kerrota eri vaiheiden vaikutusta toisiinsa nähden. Vaihekohtaiset ohjeet ovat yleensä hyviä, jos työ tehdään vain kerran tai harvoin, ja jos tekijän osaamistaso ei ole korkealla tasolla. (Eiriksdottir & Catrambone 2011, 752-756.)

Vaihekohtainen ohjeistus on ehdottomasti paras vaihtoehto, erityisesti uusille työntekijöille. Tällaisissa ohjeissa näytetään vaiheittain, että mistä kaapelointi aloitetaan, mikä on kaapeleiden järjestys, missä kohtaa pitää varoa teräviä kulmia ja mihin kohtaan kaapeli kiinnitetään jne. Metson konemalleissa on useita eri optioita, joita asiakas voi halutessaan tilata. Tällöin vaihekohtaisiin ohjeisiin pitäisi saada lisättyä kaikki optiot ja niiden eri

variaatiot koneiden perusrakenteiden kanssa. Tämä vaikeuttaa ohjeiden laatimista ja niiden ylläpitämistä.

5.2 Yleisohje

Yleisohjeet tarjoavat tietoa työntekijöille enemmän siitä, miten ja mitä asioita pitää ottaa huomioon, kun jotain tehtävää suoritetaan. Yleisohjeet kertovat yleensä myös, että miten joku laite toimii tai vaikuttaa muihin laitteisiin. Yleisohjeet ovat silloin hyviä, jos työntekijällä on riittävä perustietotaito tehtävästä, joka hänen pitää suorittaa. Yleistason ohjeet antavat tekijälleen vapauksia, jonka johdosta lopputulokset voivat olla hieman erilaisia. (Eiriksdottir & Catrambone 2011, 754-756.)

Yleisohjeet ovat hyviä vaihtoehtoja hieman kokeneemmalle työntekijälle. Tällaiset ohjeet näyttävät lähinnä ongelmakohdat asennuksessa, eli esimerkiksi missä kohtaa on ahdas tila, antureiden tunnistusetaisyys/kulma, mitä asennusliimaa käytetään, komponenttien esisäädöt tai laitteen ja komponenttien toimintaa selostava ohjeistus. Yleisohjeiden ylläpito on huomattavasti kevyempää edellä mainittuun ohjetyyliin verrattuna, sillä yksi ohje voi käydä useampaan eri konemalliin ja säilyttää pitävyytensä hyvinkin kauan.

5.3 Esimerkkiohje

Esimerkkiohjeet näyttävät työntekijöille, kuinka tehtävän voi suorittaa ja miltä loppunäkymän pitää näyttää. Esimerkkiohjeissa ei yleensä näy mitä asioita pitää ottaa huomioon, kun tehtävää toteutetaan. Esimerkkiohjeet ovat hyviä, jos työ on tekijälleen erittäin tuttua ja työntekijän osaamistaso aiheesta on jo korkealla tasolla. (Eiriksdottir & Catrambone 2011, 755-756.)

Esimerkkiohjeet ovat riittäviä erittäin kokeneelle ja osaavalle työntekijälle. Tällaiset ohjeet näyttävät lähinnä vain, että miltä koneen pitää näyttää valmiina. Sähkölaitteiden ja komponenttien sijoittelu kuva on hyvä esimerkki tästä. Sijoittelu kuvassa konemalli on valmiina tuotteena, johon on merkattu kaikkien laitteiden ja komponenttien sijoituspaikat. Esimerkkiohjeena toimii myös valokuvat edellisistä samanlaisista koneista, sekä paikan päällä olevat samanlaiset konemallit. Esimerkkiohjeita on melko helppo ylläpitää, sillä sijoittelukuva ei juurikaan muutu ajansaatossa ja valokuvia on melko helppo ottaa valmiista koneista ja ladata sähköiseen muotoon tietokoneelle.

5.4 Ohjetyylin valinta

Metsolle tarvittavat työohjeet ovat tarkoitettu sähköasentajille, joten oletamuksena on työntekijöiden riittävä perusosaaminen sähköasennuksista. Metsolla on hyvät perinteet työhönopastuksessa ja lähtökohtaisesti uudet sähköasentajat ovat kokeneemman asentaja opissa riittävän pitkään. Kesälomakautena tai iltavuoroissa voi kuitenkin tulla tilanteita, että kokeneempaa asentajaa ei ole töissä tai lähistöllä, jolloin riittävää ohjeistusta tarvitaan työvaiheen loppuun viemiseen.

Oma valintani ohjeistustyyliksi on kombinaatio kaikista edellä mainituista ohjetyyleistä. Kombinaatio ohjetyyleistä antaa riittävästi tietoa, miten asennukset tehdään, sekä komponenttien ja lopputuotteen toimintaan liittyviä tietoja.

5.4.1 Vaihekohtainen ohjeistus

Kun konetyypeittäin on saatu 3D-malleihin kaapelit reititettyä, niin silloin tuotantoon saadaan leikkauskuvilla luotua vaihekohtaisesti ohjeita, miten eri sähkölaitteiden ja komponenttien kaapelit on suunniteltu reititettäväksi. Kaapeleiden reitityskuvissa on tärkeää, että kaapelit ja sähkökomponentit tuodaan selkeästi esille oikeilla väreillä ja kuvakulmilla.

Oleellinen asia vaihekohtaisessa kaapelinveto-ohjeessa on tieto mistä kaapelointi pitää aloittaa, kaapeleiden mitoitus ja erityiset ongelmakohdat kaapeleiden reitityksen kannalta. Kaapelinveto-ohjeet pitää luoda tarkasti mallikohtaisesti tuotannon työntekijöiden kanssa.

5.4.2 Yleis- ja esimerkkiohje

Metson koneissa käytetään paljon samoja sähkölaitteita ja komponentteja, joiden asennustyyli ja kytkennät ovat hyvinkin samankaltaisia. Yleis- ja esimerkkiohjeissa olisi asennus- ja kytkentäohjeita, joista ilmenee mitä asennusteknisiä asioita pitää ottaa huomioon asennuksessa ja mitkä ovat ongelmakohtia. Eli yleisohjeet ovat lähinnä asennusteknisiä ohjeita.

Uusille sähköasentajille luodaan myös yleisohjeistus, mistä käy ilmi Metsolla käytettäviä asennustapoja ja tyyliä. Yleisohjeessa kerrotaan koneiden käyttöympäristöstä, kaapeleiden kiinnityksistä, liittimistä ja niiden suojaustavoista, joita Metsolla käytetään.

6 SÄHKÖASENNUKSISSA HUOMIOTAVIA ASIOITA

Sähköasentajan pitää osata ottaa huomioon monenlaisia asioita aina tuotteen käyttöolosuhteista tuotteen loppukäyttäjään. Sähköasennuksien turvallisuus ja siisteys ovat laatua. Metsolla speedline konemalleissa on lähinnä pienoisjännite käytössä. Tässä osuudessa keskitytään lähinnä sähköasennuksiin Metson speedline konemallien näkökulmasta.

6.1 Kytkennät

Kaapeleiden johtimien keskinäiset liitokset ja sähkölaitteiden liitoksien on oltava turvallinen ja luotettava, joka kestä aikaa ja joissa on riittävä mekaaninen lujuus ja suojaus. Kaikkiin liitokset pitää päästä jälkeensä tarkastamaan testausta ja huoltoa varten, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. Kaapeleiden ja johtimien asennus- ja liitoskohtiin ei saa kohdistua mekaanista rasitusta. Kaapeleiden ja johtimien vedonpoistot pitää asentaa siten, että vältetään mekaaninen vahingoittuminen. (SFS 6000-5-52/2017, 18-19.)

Kaikki kytkennät, erityisesti suojajohdinsiirien kytkennät, on varmistettava irtoamiselta. Liittimet esim. pääteholkki tai kaapelikenkä on oltava sopiva liitettävän johtimen poikkipinnalle ja johdintyypille. Jos halutaan kytkeä useampi kuin yksi johdin yhteen liittimeen, on silloin liittimen oltava siihen suunniteltu. Useampia kuin yhtä suojajohdinta ei saa kytkeä yhteen liittimeen. Muutamalankaisten, hienolankaisten ja erittäin hienolankaisten johtimia liitettäessä on käytettävä yksittäisten säikeitten kokoavaa johdinpäätettä, jos laitteella tai liittimellä on tällainen ominaisuus, niin johdinpääte ei ole pakollinen. (SFS 60204-1/2006, 132.)

Kovan värinän takia Metsolla käytetään paljon riviliittimiä, jotka toimivat jousivoimalla. Jousivoima takaa tarisevissa olosuhteissa erittäin pitävän ja luotettavan liitoksen. Jousivoimaliitoksissa on myös hyvää se, että johdinpäihin ei tarvitse, eikä niihin suositella asennettavan pääteholkkeja. Metson laitteet ovat erittäin pitkälle automatisoituja, joten väyläkaapeleita on laitteissa myös paljon. Väyläkaapeleiden reititys ja parikierron säilyminen mahdollisimman pitkälle pitää osata ottaa myös huomioon asennuksissa.

6.2 Pistokytkeäliitännät

Metsolla käytetään paljon deutsch-liittimiä niiden luotettavuuden takia, joilla on myös omat vaatimukset. Kun pistokytkeä tahaton tai satunnai-

nen avaaminen voi aiheuttaa vaaratilanteen, niin on se varustettava lukituksella. Myös kuormitettavan tehon johtamiseksi suunniteltu pistokytkin, jota ei ole tarkoitettu katkaistavaksi kuormitettuna on estettävä lukituksella ja merkittävä selvästi. Kun samassa sähkölaitteistossa on useita samanlaisia pistokytкимиä, niin niiden on oltava selkeästi tunnistettavissa. Väärän kytkennän estämiseksi suositellaan mekaanista koodausta. Pistokytkinliittimet on hyvä asentaa suojaan ja luokse päästävään paikkaan, jotta huollettavuus ja tarkastettavuus säilyvät. Kuvassa 5 on pistokytkinliitin, jollaisia käytetään Metsolla. (SFS 60204-1/2006, 140.)

Liittimien asennuspaikan tulee olla riittävän tilava liittimen avaamiseen ja sulkemiseen ilman, että liittimiin kytketyt johdot vahingoittuvat tai irtoavat liittimistä. (SFS 6000-8-812/2012, 3.)



Kuva 5. Deutsch pistokytkinliitin.

6.3 Kaapelointi

Kaapelit on asennettava niin, että vältetään vaipan ja eristyksen mekaaninen vahingoittuminen käytön, asennuksen ja huollon aikana. Jos kaapeleita ei asennustavasta johtuen ole tuettu koko pituudeltaan tarkoituksenmukaiseen asennustelineeseen, on ne kiinnitettävä tarkoituksenmukaisella tavalla sopivin välein, etteivät kaapelit ja niiden liitokset vaurioidu oman painon tai sähködynaamisten voimien vaikutuksesta. Liikunta- ja saumojen yli kulkevat kaapelit on asennettava niin, että ennakoitavissa olevat liikkeet eivät aiheuta vahinkoja kaapeleihin. Kaapeleiden taivutuksessa pitää olla tarkkana, ettei niitä taivuteta enempää kuin mitä kaapeli-valmistaja sallii. Kaapelinvalmistajalta saa kaapelikohtaiset taivutussäteet. Jos teräviä kulmia ei voida välttää, niin silloin kaapelit tai terävät reunat pitää suojata huolellisesti. (SFS 6000-5-52/2017, 10-12.)

Kaapeloinnissa pitää ottaa monia asioita huomioon. Erityisesti Metson kivenmurskauslaitteiden osalta, kun laitteet ovat erittäin ankarissa olosuhteissa kivipölyn, veden, tärinän ja ulkopuoleisten iskujen vaikutuksen alaisena. Kaapeloinnin kiinnitykset ja niputus pitää olla huolellisesti tehtyjä. Kaapeleiden tulee kulkea toisiinsa nähden samassa järjestyksessä välttämättä

turhia risteilyjä koko matkalta. Jokainen johdin ja kaapeli on voitava tunnistaa sopivalla tavalla dokumentoinnin mukaiseksi. (Sähkötieto ry 2009, 59.)

6.4 Kaapeloinnin reititys

Kaapelin reititys koneen liikkuviin osiin on asennettava niin, ettei liitoksiin kohdistu liiallista vetorasitusta eikä liian jyrkkiä taivutuksia. Kun tämä säävytetaan kaapeliin tehtävällä ylimääräisellä lenkillä, niin ylimääräisen lenkin on oltava yli kymmenkertainen kaapelin ulkohalkaisijaan verrattuna. Liikkuvien kaapeleiden ja koneen liikkuvien osien välinen etäisyys on oltava vähintään 25mm. Jos vaatimusta ei pystytä käytännössä toteuttamaan, niin on liikkuvien osien ja kaapeleiden väliin asennettava kiinteä este. (SFS 60204-1/2006, 138.)

Kaapelit on aina pyrittävä kiinnittämään rakenteisiin kiinni. Metsolla käytetään runkoon hitsattuja kamparautoja, stauff-kiinnikkeitä ja letkunpidikkeitä. Rakenteisiin kiinnitettävät kaapelit pysyvät luotettavasti kiinni. Jos rakenteissa ei ole paikkaa kaapelille ja runkoon ei saa porata sen heikentymisen takia kunnon kiinnikettä, niin silloin liimataan kaapeliankkureita siihen tarkoitetulla liimalla. Osa kaapeleista joudutaan viemään hydrauliiikan ylivuoto- tai tankkiletkuja pitkin sähkölaitteille ja komponenteille. Ylivuoto ja tankkiletkuihin ei tule niin kovia paineiskuja kuin paineletkuihin, joten kaapeli kärsii tällöin mekaanisista rasituksista vähemmän. Polttoaineletkuihin ei saa ikinä kiinnittää kaapelia. (Karjalainen & Koivumäki 2017.)

6.5 Tärinä

Kun kiveä murskataan Metson laitteilla, niin se aiheuttaa erittäin kovaa tärinää, joten laitteiden rakenteet ja runko joutuvat erittäin kovan mekaanisen rasituksen alaisuuteen. Tärinä pitää ottaa huomioon, kun kaapeleita asennetaan ja niputetaan. Kaapeleiden niputuksessa on hyvä käyttää aina mahdollisimman isoja nippusiteitä, jotta vältetään mahdollisimman hyvin nippusiteiden katkeamiselta. Tärinästä johtuva kaapeleiden hankaaminen ja hakkaaminen laitteen runkoon on estettävä riittävän taajoilla kiinnityksillä. Kovan tärinän vuoksi komponenttien ja kojeiden kiinnitykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tärinä pystyy vaurioittamaan puutteellisesti kiinnitettyjä komponentteja, kojeita ja kaapeleita. (Kynäslähti 2016.)

6.6 Kosteus

Kaapeleiden suojavaippa ja eristys katsotaan suojaavan kosteudelta, jos ne ovat vahingoittumattomia. Veden poistuminen johtojärjestelmistä on varmistettava, jos kertyminen ja tiivistyminen ovat ongelma. (SFS 6000-5-52/2017, 10.)

Kivenmurskauslaitteet ovat pääsääntöisesti ulkona koko elinkaarensa, joten kosteus on isona riesana. Kaikki keskuksien, jakorasioiden ja liittimien reiät ja aukot on tukittava, jotta vesi ei pääse sisään. Suojarasvan käyttö on tarpeellista liitoksissa ja kytkennöissä, jos niitä ei käytännössä voi asentaa riittävän suojaamaan paikkaan. Deutsch-liittimiä käytetään paljon Metsolla, koska niiden suojaustaso on IP67, eli ne ovat täydellisen pölytiivitä ja kestävät jopa hetkellisen upotuksen veteen. Deutsch-liittimet ovat muutenkin erittäin toimintavarmoja ja kestäviä liittimiä jos ovat oikein asennettu ja kytketty. (Karjalainen, Kenttälä & Koivumäki, 2017.)

6.7 Kivipöly

Kivenmurskauksesta tulee paljon pölyä, joka pitää osata ottaa huomioon asennuksissa. Kaikki liittimien, keskusten ja jakorasioiden reiät ja aukot pitää tulpata. Jos kaapelinippu on sidottu liian väljästi, niin kivipöly kaapeleiden välissä voi hangata kaapeleiden suojavaippaa. Pölyn kerääntyminen on estettävä siinä määrin, ettei se vaikeuta lämmön poistumista johtojärjestelmistä. (SFS 6000-5-52/2017, 10.)

Metsolla kivipölyltä pyritään suojautumaan keskusten ja liittimien mahdollisimman korkeilla kotelointiluokilla. Tarpeen mukaan käytetään myös keskusten ylipaineistusta, jotta kivipöly jää keskusten ulkopuolelle.

6.8 Ulkoiset iskut

Isoja kiviä syötetään murskauslaitoksen peräpäästä syöttimelle, jolloin erittäin helposti voi tippua isojakin kiven murikoita laitteen päälle. Kivenmurskauslaitteet kolhiintuvat ajan saatossa erittäin paljon. Kaapeloinnissa on otettava huomioon tämä ja pyrittävä asentamaan kaapelit mahdollisimman suojaamaan paikkaan ulkoisilta iskuilta tai käyttämällä mekaanista suojausta. (SFS 6000-5-52/2017, 10.)

6.9 Akusto

Akut on varustettava kosketussuojauksella tai kosketusjännitesuojauksella tai näiden yhdistelmällä. Sähköiskun vaaran lisäksi järjestelmän virta voi aiheuttaa muitakin vaaroja. Akkuihin varastoitunut sähköenergia saattaa vapautua hallitsemattomasti napojen välisen oikosulun vuoksi. Akkujen suuri energiamäärä tuottaa suuren virran, joka voi sulattaa metallia kuumuuden takia, aiheuttaa kipinöintiä sekä räjähdysvaaran tai elektrolyytin höyrystymisen. Akkujen kaapelien on kestettävä mahdollisen oikosulkutilanteessa syntyvät sähkömagneettiset voimat. Akkukaapelien kytkennät aina akkujen varokkeelle saakka on tehtävä niin, ettei oikosulun mahdollisuutta ole missään tilanteessa. Akkukaapelien eristykseen on kestettävä ympäristön olosuhteita, kuten lämpöä, pölyä ja mekaanista rasitusta. Jos liittimissä ja kaapeleissa ei ole eristettä, on asennuksissa käytettävä eristettyjä työkaluja. Ennen akkujen kytkentää tai pois kytkentää, on virtapiiri katkaistava muualta, sillä akkujen kytkentä tai pois kytkentä virran kulkiessa on vaarallista. Ennen kytkemistä on muistettava poistaa kaikki metalliset esineet käsistä, ranteista ja kaulalta. Akkujen kanssa työskennellessä on huolehdittava siitä, ettei käytetä sellaisia vaatteita tai jalkineita, joista saattaa syntyä staattisia sähköpurkauksia. (SFS-EN 50272-2/2001, 16-38.)

Metsolla moottorimoduulissa akut asennetaan ja kytketään lukuun ottamatta akkujen välikaapelia. Tuotantolinjalla kytketään akkujen välikaapeli siinä vaiheessa, kun on todettu sähköasennuksien olevan valmiita. Välikaapelin asennuksen yhteydessä varmistetaan samalla, sekä akkujen riittävä kiinnitys alustaansa, että kaikki akkukaapelit ovat kiristetty riittävästi ja akkukengät ovat asennettu oikein päin.

Akkujen varaamisen aikana kaikista akuista syntyy kaasuja lukuun ottamatta kaasutiiviitä akkukennoja. Varauksessa syntyvät kaasut ovat vetyä ja happea, kun nämä kaasut pääsevät ympäröivään tilaan, voi räjähtävä seos syntyä vedyn riittävän suuresta määrästä ilmassa. Kun akkujen varaaminen loppuu, kennoista kehittyy kaasua vielä yhden tunnin ajan. Akkutilan ilmanvaihdon tarkoitus on pitää vedyn määrä ilmassa riittävän pienenä, jotta räjähdysvaaraa ei olisi. Jos luonnollinen ilmanvaihto ei ole riittävä, niin ilmanvaihto pitää toteuttaa koneellisesti. (SFS-EN 50272-2/2001, 32-36.)

Akkujen toiminnan ja turvallisuuden varmistamiseksi akut ja niiden toimintaympäristö on tarkastettava säännöllisesti. Seuraavan laisia asioita pitäisi tarkistaa; kuten varaajan jänniteasettelu, kennojen tai ryhmäakkujen jännitteet, elektrolyytin tiheys ja pinnan taso tarvittaessa, puhtaus ja mahdolliset vuodot, liitäntöjen pitävyys, tuuletus, räjähdysuojatulpat ja venttiilit ja akkujen lämpötila. (SFS-EN 50272-2/2001, 50.)

6.10 Testaus

Testaus sisältää kaikki toiminnot, joilla tarkastetaan sähkölaitteiston toiminta ja turvallisuus. Testauksien on sisällettävä myös sähköisten suoja- ja turvapiirien toiminnan tarkastukset. Tarkastuksen tarkoitus on varmistaa sähkölaitteiston yhdenmukaisuus, jotta laitteisto on standardeissa esitettyjen turvallisuussääntöjen ja teknisten vaatimusten mukainen. Tarkastuksissa voidaan todeta myös laitteiston normaali toiminta. (SFS 60002/2015, 22-23.)

Metsolla koneen tarkastamiseen kuuluu silmämääräinen tarkastelu, joka sisältää kaapeleiden reitityksen tarkastukset ja kaikkien kaapelien ja johtimien oikeanlaiset liitostavat. Eli käytännössä koneen tarkastaminen alkaa samaan aikaan kuin sähkötyötkin alkavat. Kun kaikki kaapelit on asennettu, kytketty ja todettu kytkennät turvalliseksi. Voidaan asentaa testivälikaapeli akkujen väliin ja aloittaa testaukset. Metsolla on käytössä testauspöytäkirja, jota käytetään yhdessä piirikaavion kanssa. Testauksiin kuuluu ensimmäisenä ohjelmiston lataus järjestelmään, jonka jälkeen asetellaan koneen parametrit konekohtaisen listan ja optioiden mukaisiksi. Tämän jälkeen tarkastetaan hätä-seis ja turvapiirien oikeanlainen toiminta. Virtaohjauksissa komponenteissa on feedback-piiri, joten toiminnan tarkastus tapahtuu kätevästi näyttöpäätteeltä. Jänniteohjattujen komponenttien ohjaus ja toiminta mitataan ja todennetaan yleismittarilla. Kun kaikki piirit ja komponentit ovat testattu, voidaan sähköasennuksien puolesta aloittaa toiminnalliset testit, eli koneen voi käynnistää.

6.11 Toiminnallinen testaus

Sähkötarkastuksien jälkeen voidaan kone käynnistää ja aloittaa toiminnalliset testit. Toiminnallisissa testeissä varmistetaan vielä käytännössä kaikki hydraulisten, mekaanisten ja sähköisten toimintojen turvallinen ja oikeanlainen toiminta. Testauskohteisiin kuuluu muun muassa syötin ja laidat, kuljettimet, vesipumppu, magneettierotin, murskan huoltokoneikko, ajo-ohjaukset, lisätoimilaitteet ja kaikki lisä optiot, sekä kaikkien edellä mainittujen sähköiset toiminnot ja turvapiirit. Hydraulikka öljyn pitävyyttä tarkastellaan myös toiminnallisissa testeissä. Toiminnallisten testien jälkeen kone ajetaan koekäyttöhalliin, jossa kone säädetään halutun laiseksi.

7 TOTEUTUS

Ohjeistus tehtiin Microsoft PowerPoint -ohjelmalla ja oli tärkeää saada ohjeistus sellaiseen muotoon, että niistä ei tule liian pitkiä ja vaikea selkoisia. Ajatuksena oli, että MES-järjestelmään saadaan myös ladattua vaihekohdaisesti yleis- ja konekohtaiset ohjeet. Alkuunsa hain tietoa asennuksiin liittyen ja otin paljon valokuvia tuotannosta. Teamcenter-ohjelmalla sain tehtyä 3D-malleista hyviä leikkauskuvia ja tuotettua leikkauskuviin sähkölaitteiden ja komponenttien sijoituskuvat, sekä luotua kaapeleiden reititykseen malliesimerkkejä tulevaisuuden speedline2 varten.

Metson tuotantolinjalla koneet kulkevat asemittain eteenpäin. Kullakin asemalla on työvaiheet eritelty, että mitä tehdään missäkin järjestyksessä. Ajatuksena on, että kunkin työvaiheen kohdalle tulee ohjeet kaapeleiden reitityksestä ja komponenttien- / sähkölaitteiden ohjeista. Näiden lisäksi saatavilla olisi jokaisessa työvaiheessa piirikaavio ja sähkölaitteiden sijoituskuva.

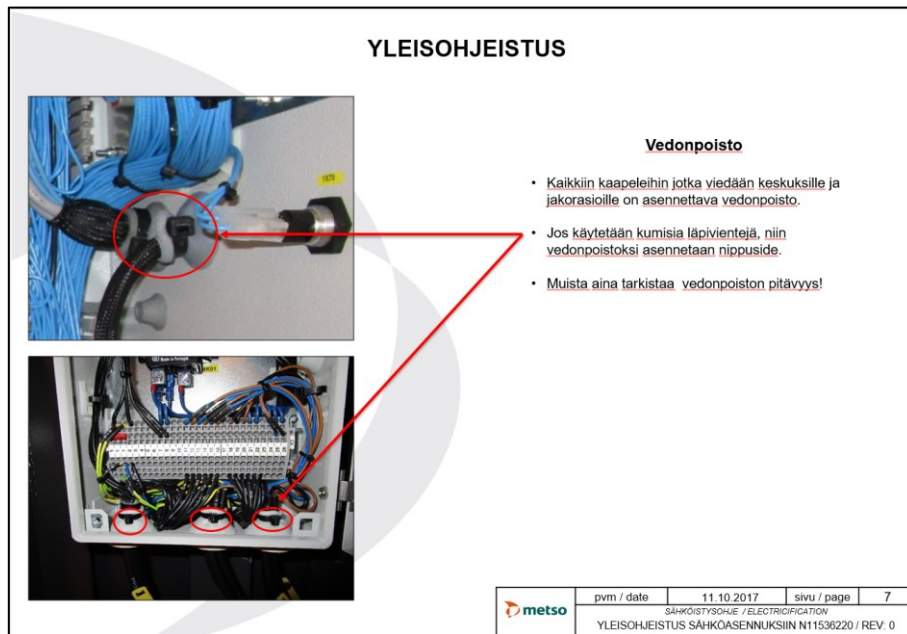
PowerPoint-ohjelmalla loin alkuunsa sähköohjeistuksiin ohjeistustyyli pohjan, jota käytin kaikissa luomissani ohjeissa. Ohjeistustyyli pohja on liitteenä raportin lopussa.

7.1 Yleis- ja esimerkkiohjeistukset

Ajatuksena oli tehdä yleistason ohjeistuksia hyvistä asennustavoista. Ohjeistuksesta käy ilmi asennusteknisiä asioita ja asennusmalleja, jolloin sähköasentaja pystyy tekemään työnsä Metson vaatimalla laadukkaalla tavalla. Referenssinä käytin ST käsikirjaa 34 hyvistä asennustavoista. Toteutus oli ajateltu tehtäväksi niin, että on sähkölaite-, komponentti- ja moduulitasen ohjeistuksia. Niissä on asennusteknisiä ohjeita, että mitä kaikkea pitää ottaa huomioon asennuksen aikana.

7.1.1 Yleisohje uusille asentajille

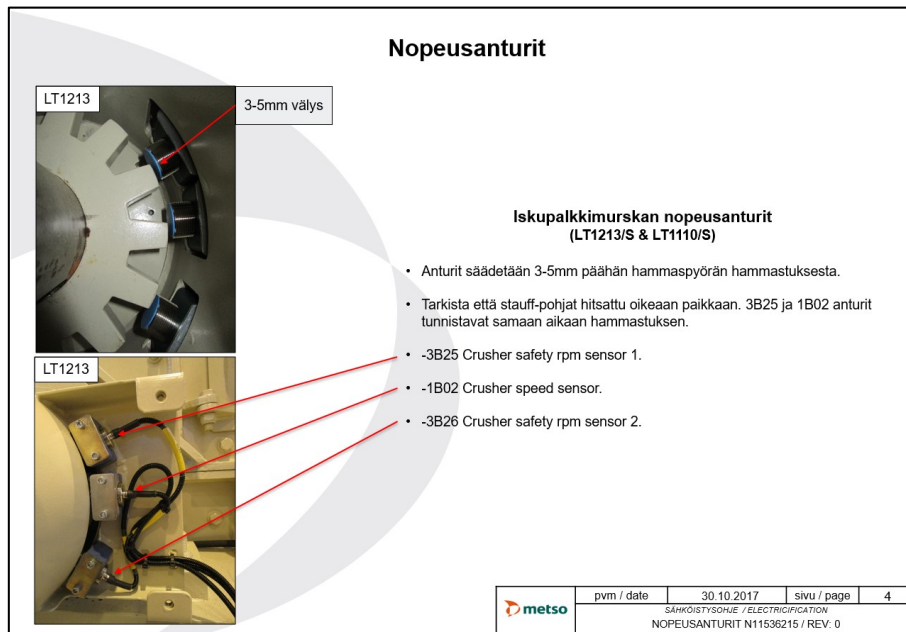
Metsolle saapuville uusille sähköasentajille loin myös yleisohjeet, joista käy ilmi koneiden käyttöympäristön haastavuudet kuten tärinä, kivipöly ja kosteus. Yleisohjeissa on kaapeloinnin kannalta olevaa tietoa kuten siisteys, kiinnittäminen, terävät kulmat jne. Ohjeissa on myös liittimien ja liittokkien tekemisestä, sijoituksista ja suojauksista. Metsolla käytettävien kaapelisarjojen kaapeloinnin helpottamiseksi ohjeisiin on myös kirjattu peruseräpäätteet kaapelisarjojen kytkennöistä. Kuvassa 6 on vedonpoiston ohjeistus.



Kuva 6. Yleisohje vedonpoistosta.

7.1.2 Sähkölaitte- ja komponenttitason ohjeistus

Metson eri konemalleissa käytetään paljon samoja sähkölaitteita ja komponentteja, joiden asennus eri konemalleihin on hyvin samanlainen tai jopa täysin samanlainen. Päivitettävyyden kannalta on järkevää toteuttaa laite- ja komponenttitason ohjeistus niin, että yhdistetään samanlaisia asennustapoja yhteen ohjeeseen. Ohjeista käy ilmi asennusteknisiä asioita ilmi. Laite- ja komponenttitason ohjeistukset on helppo lisätä MES-järjestelmään kunkin työvaiheen kohdalle. Kuvassa 7 on esimerkki iskupalkkimurskaimen nopeus- ja turva-antureiden asennusohjeesta, jota voidaan käyttää useampaan eri konemalliin.



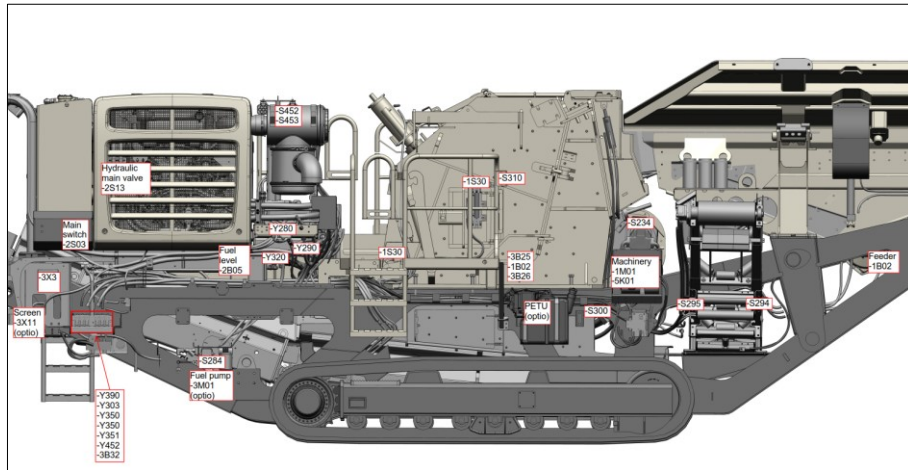
Kuva 7. Ohje komponenttitason ohjeesta.

7.2 Laitekohtaiset ohjeistukset

Opinnäytetyössä oli tarkoitus tehdä LT1110:n laitemalliin tarkempia ohjeita kaapeleiden vetolinjoista ja ongelmakohtista tuotannon näkökulmasta. Kaapeloinnin ohjeistus toimii referenssinä siinä vaiheessa, kun kaapeleiden reitityksiä aloitetaan mallintamaan LT1110:n 3D-malliin. Laitekohtaiset tarkemmat ohjeet olin ajatellut tehdä niin, että Teamcenter visualisointi ohjelmalla otettuihin kuvakaappauksiin tehdään komponenttien sijoitukset ja määritellään kaapeleiden reititykset. Laitekohtaisiin kuviin tulee myös kaapeleiden mitoituksiin liittyviä mittoja ja muita ongelmakohtia mitä tulee tuotannossa eteen.

7.2.1 Sähkölaitteiden sijoituskuva

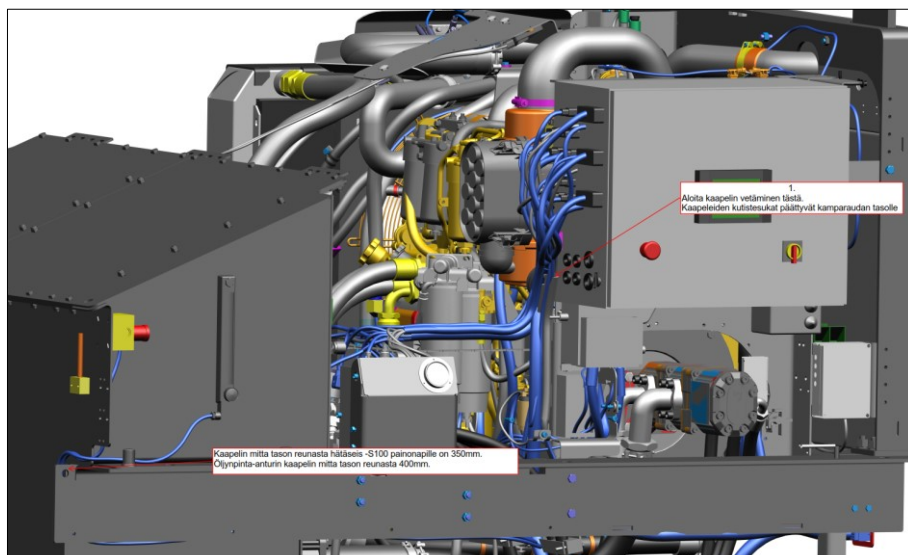
Sijoituskuvat antavat hyvän kuvan siitä, että missä sähkölaitteet ja komponentit sijaitsevat koneessa. Sijoituskuva antaa myös hyvän mielikuvan, että miltä koneen pitäisi näyttää valmiina. Sijoituskuvalle löytää sähkölaitteet ja komponentit erittäin nopeasti, kun konetta testataan tai vianhakua tehdään. Kuvassa 8 on esimerkkimalli LT1110 koneen laitteiden ja komponenttien sijoituskuva.



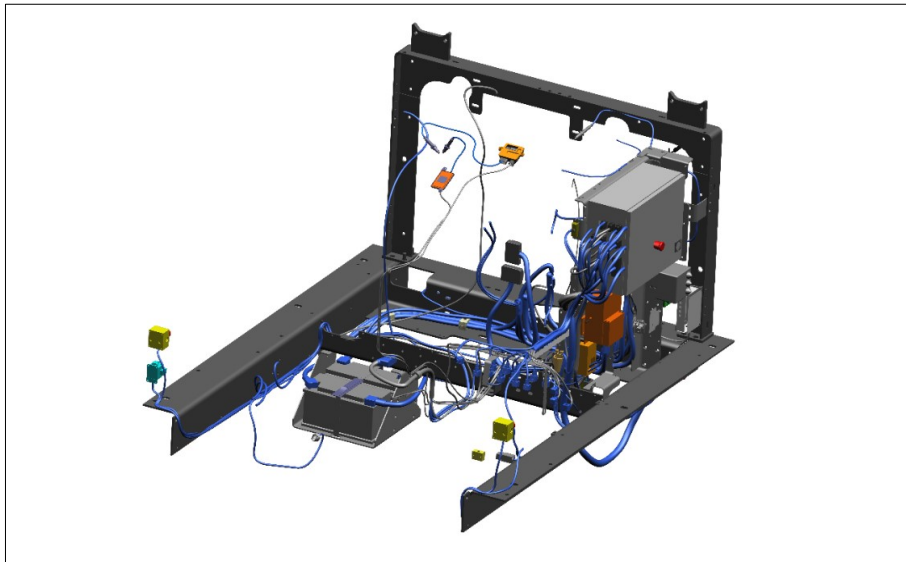
Kuva 8. LT1110:n sähkölaitteiden sijoituskuva vasemmalta puolelta.

7.2.2 Kaapeloinnin aloitus

Kaapeloinnin aloituksessa tärkeä tieto on se, että mistä kohtaa konetta kaapelointi aloitetaan ja miten kaapelit mitoitetetaan koneen rungolla. Kun kaapeleiden reititys on 3D-mallinnettu, niin mallinnuksista on hyötyä tuotannossa. Kaapeloinnin aloituksessa käytettäisiin JT-mallia, eli kevyttä 3D-mallia koneen rungosta ja kaapeleista. Tällöin on helppo nähdä, että mitä kautta ja mihin kohtaan rungossa kaapelit kiinnitetään. JT-mallin lisäksi pitäisi olla leikkauskuvannoilla tehty kuvaohjeet kaapeloinnin aloitus paikasta, sekä ongelmakohtista ja mitoituksista. Alla on kuvissa 9 ja 10 esitetty, miten 3D-malleja voidaan hyödyntää tuotannossa, kun kaapelointia aloitetaan koneen rungolle.



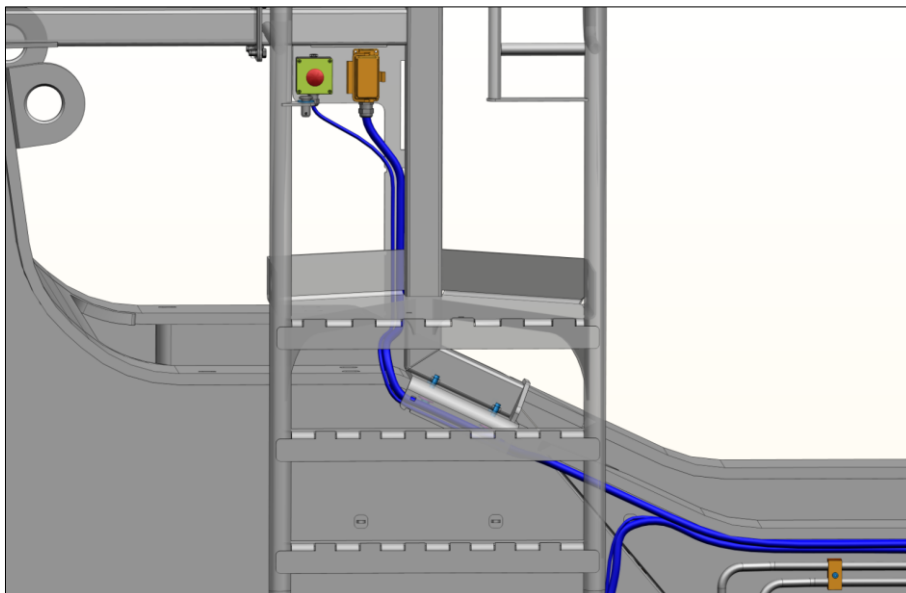
Kuva 9. Leikkauskuva kaapeloinnin aloituksessa ja ongelma kohdista.



Kuva 10. JT-malli koneen rungosta ja mallinnetuista kaapeleista.

7.2.3 Sähkölaitteiden kaapeloinnin tarkennettu reititys

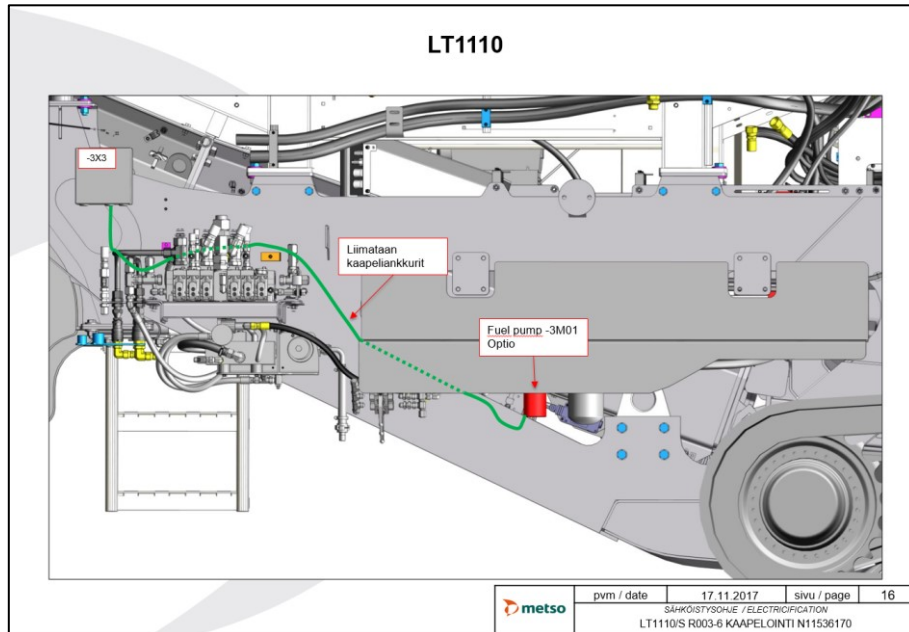
3D-mallinnuksista saadaan myös leikkauskuvilla sähkölaitteille ja komponenteille menevien kaapeleiden reititykset tarkasti esiin. Tällaiset kuvat pystytään laittamaan MES-valmistuksen ohjausjärjestelmään vaihekohtaisesti kunkin työvaiheen kohdalle. Kuvassa 11 on esimerkki, että miten kaapelit viedään koneen rungolla.



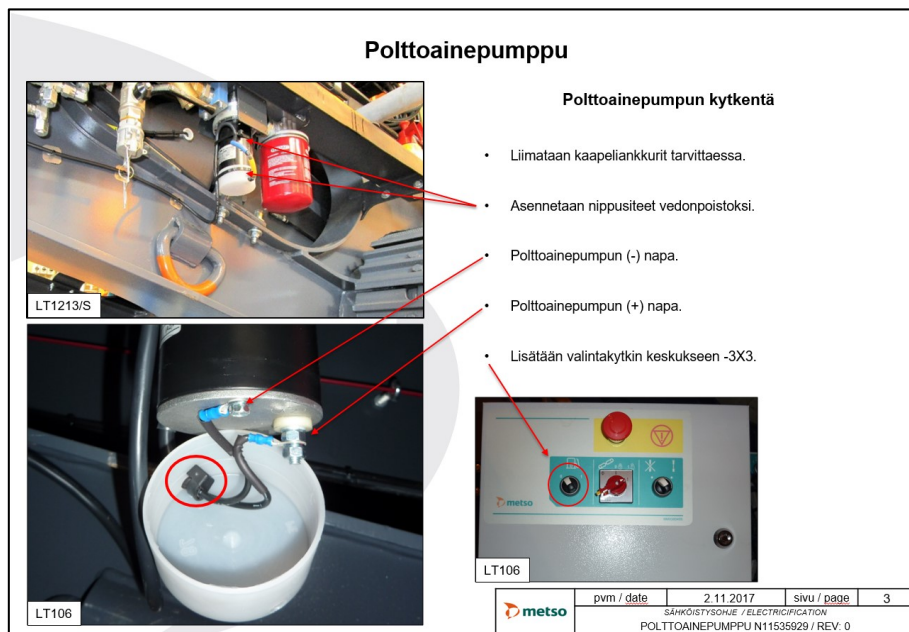
Kuva 11. Sähkölaitteiden ja komponenttien kaapeleiden reitityskuva.

7.3 Esimerkki LT1110:n polttoainepumpun työohjeesta

Alla on kuvilla 12 ja 13 esitetty, että mitä ohjeita tulee esimerkiksi LT1110 konemallin polttoainepumpun työvaiheessa näkyviin. Ohjeissa on alla näkyvät kaapelin reitityskuva ja kytkentäohje, sekä näiden lisäksi löytyy vielä konekohtainen piirikaavio ja sijoituskuva. Kuvassa 12 oleva kaapelin reitityskuva tulee myöhemmin suoraan 3D-mallista, kun kaapeleiden reititykset on mallinnettu konekohtaisesti.



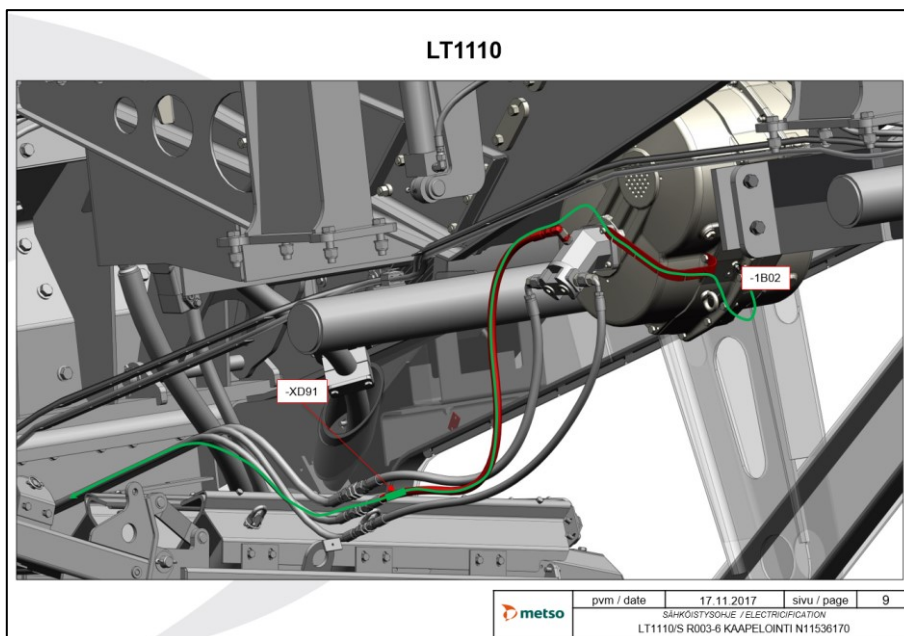
Kuva 12. LT1110 konemallin polttoainepumpun kaapelin reititys.



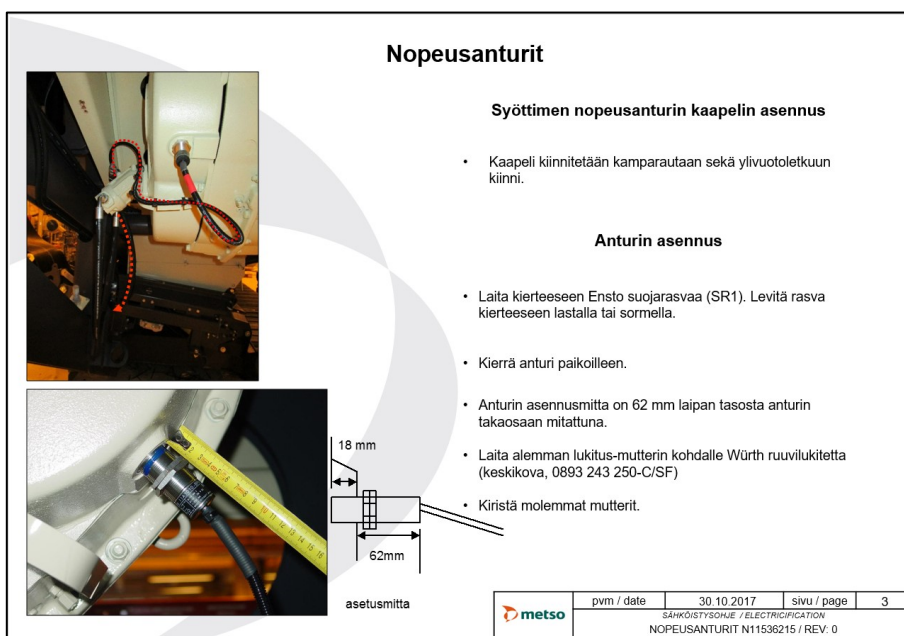
Kuva 13. Polttoainepumpun kytkentäohje.

7.4 Esimerkki LT1110:n syöttimen nopeusanturin työohjeesta

Alla on kuvilla 14 ja 15 näytetty esimerkki syöttimen nopeusanturin kaapeloinnin reitityksestä ja asennuksesta, sekä näiden lisäksi on vielä konekohtainen piirikaavio ja sijoituskuva. Kuvassa 14 oleva kaapelin reitityskuva tulee myöhemmin suoraan 3D-mallista, kun kaapeleiden reititykset on mallinnettu konekohtaisesti.



Kuva 14. Syöttimen nopeusanturin kaapelin reitityskuva.



Kuva 15. Syöttimen nopeusanturin asennusohje.

8 YHTEENVETO

Metso Mineralsin kautta tuli opinnäytetyön aihe. Aiheeni oli sähköasennuksien ohjemallin suunnittelu ja laadinta tulevaisuuden 3D-mallinnuksien ja uuden tuotantolinjan näkökulmasta. Ohjeet on tarkoitus saada vaihekohtaisesti valmistuksenohjausjärjestelmään, jotta asentajat löytävät ohjeet kunkin työvaiheen tarpeen mukaan.

Mielestäni yleis-, laite- ja komponenttitason ohjeet olivat onnistuneita. Yleisohjeet antavat uusille sähköasentajille hyvän kuvan Metson työtaidoista ja auttavat ymmärtämään kokonaisuutta paremmin. Laite- ja komponenttitason ohjeet auttavat ymmärtämään myös tiettyjen komponenttien toiminnan tarkoitusta paremmin ja voi toimia hyvänä opetusmateriaalina myös asiakkaille ja huoltomiehille. Haastavinta oli saada ohjeet riittävän yksiselitteiseksi ilman, että niistä tulee liian pitkiä tai vaikeaselkoisia. Kirjoitettu teksti voidaan kuitenkin tulkita monella eri tavalla, joten tekstiä piti käydä monen eri asentajan kanssa läpi, jottei ohjeiden tekstistä synny väärinkäsityksiä.

Opinnäytetyössä luotiin myös LT1110 konemallia varten ohjeet kaapelinedosta, joka toimii myös myöhemmin suunnittelun tukena, kun kaapeleiden reitityksiä 3D-mallinnetaan. Kun uusi tuotantolinja ja kaapeleiden 3D-mallinnukset saadaan käyttöön, niin silloin saadaan vasta käytännön tulokset, että miten ohjemallit toimivat linjatyöskentelyssä ja miten ohjeistusta voidaan vielä kehittää.

Parkanossa Metson aliurakoitsija Supersteel oy aloitti LT1110 konemallien valmistamisen lokakuussa 2017. Itse kävin opettamassa koneen sähkötarvikkeita Supersteelillä, joten pääsin samalla katsomaan ja kyselemään, että miten luomillani ohjeilla pystyi tekemään sähköasennukset. Ensivaikutelmat sähköasennuksien laadusta Supersteelillä tehdystä LT1110 konemallista olivat erittäin positiiviset. Sähköasentajat olivat kokeneita ammattilaisia liikkuvien työkonoiden sähköasennustöissä ja se myös näkyi työn laadussa. Rakentavaa palautetta annettiin molemmiin puoliin positiivisessa mielessä ja itselle jäi positiivinen vaikutelma työreissusta. Omasta mielestä sähköasentajat olivat saaneet tehtyä koneen Metson vaatimalla laadulla tavalla ja muutamassa kohdassa huomautin kaapeleiden lisäkiinnityksen tarpeesta. Itse sain myös hyvin palautetta luomistani ohjeista, jotka olivat pääsääntöisesti positiivisia. Sähköasentajat sanoivat, että ohjeilla oli helppo tehdä asennukset ja ne olivat selkeitä, mutta muutamia virheitä ohjeissa oli. Virheet olivat lähinnä keskenään ristiin menneet sähkölaitteet/komponentit. Palautteen avulla pystyin vielä parantelemaan ohjeita.

Opinnäytetyössä loin vielä kyselykaavakkeen, jolla voidaan tehdä sähköasentajille kysely ohjeiden käytettävyydestä ja kehitys ehdotuksista. Kyselykaavake on lisätty tämän opinnäytetyön loppuun liitteeksi.

9 JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Jatkokehityksenä suosittelen, että suunnittelu tekisi kattavasti konekohtaisesti sähkölaitteiden ja komponenttien sijoituskuvat ja myöhemmin tulisi myös kaapeleiden reititys 3D-malleihin. Laatuinsinöörit yhdessä asentajien ja sähkötöidenjohtajan kanssa pitäisi yllä laite- ja komponenttitasonohjeita, sekä loisivat tarpeen mukaan uusia ohjeita. Asentajien merkitys ohjeiden ylläpitämisessä on erittäin merkittävää, jos ohjeissa havaitaan virheitä, puutteita tai ohjeet eivät pidä enää paikkaansa, niin siitä pitää raportoida eteenpäin.

Kaapeleiden reitityksen helpottamiseksi ja yhdenmukaistamiseksi suosittelen myös, että koneiden rakenteisiin suunniteltaisiin kattavammin kaapeleiden kiinnityspaikat ja reititys. Tällöin asentajille ei jää niin paljoa vapauksia kaapeleiden reitityksen suhteen, eli silloin eroavuudet kaapeleiden reitityksessä vähenevät. Rakenteisiin suunnitellut kiinnityspaikat kaapeleille tuovat myös laadukkaampaa kuvaa koneista.

Tärkeää olisi myös saada kaikki ohjeet saman kansion alle ja samanlaiseen muotoon, jotta tulevaisuudessa on helpompi löytää ja ylläpitää ohjeita tietojärjestelmissä. Ohjeiden nimeämiseen olisi hyvä saada myös selkeä tapa/standardi. Aton-järjestelmään ladattujen ohjeiden nimeämiseen pitäisi saada selkeä tapa ja tyyli myös, ettei nimeämistapoja olisi montaa erilaista.

LÄHTEET

Eiriksdottir, E. & Catrambone, R. (2011). Procedural Instructions, Principles, and Examples: How to Structure Instructions for Procedural Tasks to Enhance Performance, Learning, and Transfer. Teoksessa *Human Factors Vol.53, No.6*. Thousand Oaks: Sage Publications, 749-770

Kynäslahti, J. (2016). Keskusvalmistusohje, Aton-tietojärjestelmä. Metso. Haettu 24.10.2017 yrityksen Metso Aton-tietojärjestelmä

Metso (2015). Metso's Lokomo celebrates 100 years. Haettu 11.10.2017 osoitteesta <http://www.metso.com/news/2015/5/metsos-lokomo-celebrates-100-years---from-steam-locomotive-manufacturer-to-crushing-equipment-competence-center/>

Metso (2016). Metson Lean talo, Intranet. Metso. Haettu 20.11.2017 osoitteesta <https://metso.sharepoint.com/>

Metso (2017). Lokotrack LT1110 -iskupalkkimurskainlaitos. Haettu 13.10.2017 osoitteesta <http://www.metso.com/fi/tuotteet/lokotrack-tela-alustaiset-laitokset/lokotrack-lt1110--iskupalkkimurskainlaitos/>

Metso (2017). Metso logo. Haettu 11.10.2017 osoitteesta <http://www.metso.com/contentassets/de589aed6a1949bab55f8ffc508a3aeb/metso-logo-with-customer-promise-professional-printing-color-final.jpg/>

Metso (2017). NP1110M-iskupalkkimurska. Haettu 13.10.2017 osoitteesta <http://www.metso.com/fi/tuotteet/lokotrack-tela-alustaiset-laitokset/lokotrack-lt1110--iskupalkkimurskainlaitos/>

Metso (n.d.) Perehdytyspaketti Metson Lokomonkadun toiminnot, Intranet. Metso. Haettu 11.10.2017 osoitteesta <https://metso.sharepoint.com/>

Roima (n.d.) Aton Suomen suosituin plm-ratkaisu. Haettu 15.10.2017 osoitteesta <https://roimaint.fi/aton-tuotteen-elinkaaren-hallintaan/?gclid=CM3usrOf6NYCFVfGsgodQOQPjQ/>

Sixsigma (2017) Tätä on Lean. Haettu 21.11.2017 osoitteesta <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>

SFS 6000-1 (2017). Pienjännitesähköasennukset. Osa 1: Perusperiaatteet, yleisten ominaisuuksien määrittely ja määritelmät. SFS Online. Haettu 26.10.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-5-52 (2017). Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. SFS Online. Haettu 25.10.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 6000-8-812 (2012). Täydentävät vaatimukset. asennuspistoliittimien asennus ja käyttö. Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 8.11.2014 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi/>

SFS 6002 (2015). Sähkötyöturvallisuus. SFS Online. Haettu 26.10.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS 60204-1 (2006). Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. osa1: Yleiset vaatimukset. SFS Online. Haettu 25.10.2017 osoitteesta <https://online.sfs.fi/>

SFS-EN 50272-2 (2001). Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 8.11.2014 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi/>

SFS-EN 62079 (2001). Ohjeiden laatiminen. Jäsentäminen, sisältö ja esittäminen. Intranet. Metso. Haettu 15.10.2017 <https://metso.sharepoint.com/>

Siemens (2017). PLM Visualization. Haettu 15.10.2017 osoitteesta <https://www.plm.automation.siemens.com/en/products/teamcenter/plm-platform-capabilities/visualization/>

Sähkötieto ry (2009) Hyvä asennustapa sähkö- ja teletöissä ST-käsikirja 34. Moodle. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 25.9.2017 osoitteesta <https://moodle.hamk.fi/>

Haastattelut:

Karjalainen T. (2017). Metson sähköasennuksien laatu. Sähkötöidenjohtaja. Haastateltu 16.10.2017.

Kenttälä J. (2017). Metson sähköasennukset suunnittelun näkökulmasta. Sähköpääsuunnittelija. Haastateltu 17.10.2017.

Koivumäki J. (2017). Metson sähköasennuksien laatu. Huoltoinsinööri. Haastateltu 11.10.2017.

Myllymäki S. (2017). Metson laatupolitiikka. Kehityspäällikkö. Haastattelu 15.11.2017.

Sähköistysohjeiden ohjetyylipohja sivut 1-2



Sisällysluettelo	
Sivu nro	Sisältö
3	Sivujen otsikointi tähän taulukkoon
4	Sivujen otsikot ovat lyhyet ja ytimekkäät

- Tässä kerrotaan ohjeiden tulkintaan liittyviä asioita.
- Esimerkiksi ohjeiden tarkkuudesta ja virheiden raportoinnista.

	pvm / date	9.10.2017	sivu / page	2
	<small>SÄHKÖISTYSOHJE / ELECTRIFICATION OHJEEN OTSIKKO / DOKUMENTIN NRO. / REVISIO NRO.</small>			

Sähköistysohjeiden ohjetyyppipohjan sivu 3-4

Ohjeen otsikko

Kuva

Ylä- ja alatunniste

Diä Muistutpanot ja tiivistelmät

Sisällytä diään

☒ Päivämäärä ja aika

☐ Päivitys automaattisesti

12.12.2017

Kieli: suomi

Kalenterilaji: gregoriaaninen kalenteri

☒ Pysyvä

12.12.2017

☒ Diän numero

☒ Alatunniste

Ohjeen otsikko / dokumentin nro. / revisio nro.

☐ Älä näytä gtsikkodiasia

Käytä Käytä kaikissa Peruuta

Sivun otsikko

- Teksti mahdollisimman yksiselitteiseen ja lyhyeen muotoon, mutta siten että kaikki oleellinen tieto on kirjattu. Teksti kannattaa myös oikoluetuttaa asiantuntijalla, jotta mahdollisista asiavirheistä päästään eroon.
- Selkeyden vuoksi tekstissä pyritään käyttämään aina luettelomerkkejä.
- Sivujen määrä on hyvä pitää mahdollisimman vähäisenä, jotta ohjeita on miellyttävä käyttää.
- Alatunnisteeseen kirjataan ohjeen otsikko, dokumenttinumero, dokumentin revisio ja luonti/muokkaus päivä. Sivujen numeroinnin päivitys laitetaan automaattiseksi.

	pvm / date	9.10.2017	sivu / page	3
	SÄHKÖISTYSSOHJE / ELECTRIFICATION OHJEEN OTSIKKO / DOKUMENTIN NRO. / REVISIO NRO.			

Ohjeen otsikko

Kuva

Viiva

☐ Ei viivaa

☒ Yhtenäinen viiva

☐ Liukuväri viiva

Väri

Läpinäkyvyys 0 %

Leveys 0,75 pt

Kuva

Sivun otsikko

- Järjestä ja sijoittele kuvat sivulle yhtenevään järjestykseen ja muotoon.
- Enintään 4 kuvaa sivua kohden on hyvä määrä, jotta sivusta ei tule liian sekavaa.
- Kuviin laitetaan kehykset, jotta kuvan rajausta tulee selkeästi esiin.
- Apuviivoja ja nuolia on hyvä käyttää, mutta vältä liiallista käyttöä, jotta sivusta ei tule sekavaa.
- Tulosta ohje A4 paperikokoon ja varmista, että tekstit ja kuvat ovat riittävän selkeät.

	pvm / date	9.10.2017	sivu / page	4
	SÄHKÖISTYSSOHJE / ELECTRIFICATION OHJEEN OTSIKKO / DOKUMENTIN NRO. / REVISIO NRO.			

Kyselylomake sivu 1

Kyselylomake sähkötöiden ohjeistuksen käytettävyydestä ja toimivuudesta

Tämän kyselyn tarkoitus on kartoittaa luotujen sähköohjeiden käytettävyyttä ja kehitysmahdollisuuksia. Kyselyn vastauksien perusteella kehitetään ohjeistustyyliä ja korjataan mahdollisia virheitä.

Palaute annetaan nimettömänä!

Merkitse arviosi väittämästä rastilla [X] ruutuun.

1= Väittämä ei pidä paikkaansa. 2= Väittämä pitää välttävästi paikkansa. 3= Väittämä pitää melko hyvin paikkansa.

4= Väittämä pitää hyvin paikkansa. 5= Väittämä pitää erittäin hyvin paikkansa.

Laite- ja komponenttitason ohjeiden arviointi

Koskee kaikkia muita ohjeita, paitsi konekohtaista kaapelointi ohjetta N11536170 (LT1110)	1	2	3	4	5
Ohjeista käy ilmi kaikki oleellinen tieto, mitä työn tekemiseen tarvitaan.					
Ohjeet ovat ajan tasalla ja pitävät paikkansa.					
Ohjeiden teksti on helppolukuista.					
Ohjeiden tekstit ovat yksiselitteisiä.					
Ohjeiden kuvat ovat selkeitä ja tarkkoja.					

LT1110/S konemallin ohjeiden arviointi

Älä vastaa tähän osioon, mikäli et ole käyttänyt LT1110:n ohjetta N11536170

Koskee ohjetta N11536170: LT1110:n kaapelointiohje.	1	2	3	4	5
LT1110:n kaapelointireitit ovat selvästi näkyvillä ja riittävän tarkat.					
LT1110:n laitteiden sijoitus kuvat ovat ajan tasalla ja pitävät paikkansa.					
Ohjeilla pystyy tekemään sähkötyöt LT1110 konemalliin.					

Palauta lomake kyselyn pitäjälle tai esimiehellesi



